

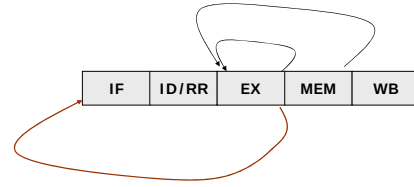
計算機アーキテクチャ特論 (Advanced Computer Architectures)

5. レジスタ・リネーミング

吉瀬 謙二 計算工学専攻
kise_at_cs.titech.ac.jp www.arch.cs.titech.ac.jp
W832 講義室 金曜日 13:20 - 14:50

1

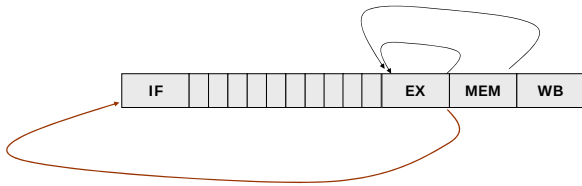
スカル・プロセッサ, パイプラインと制約ループ



Adapted from Computer Organization and Design, Patterson & Hennessy, © 2005.

2

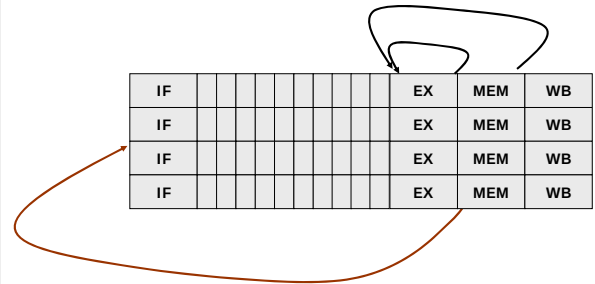
スカル・プロセッサ(パイプラインの長い, スーパーパイプライン), パイプラインと制約ループ



Adapted from Computer Organization and Design, Patterson & Hennessy, © 2005.

3

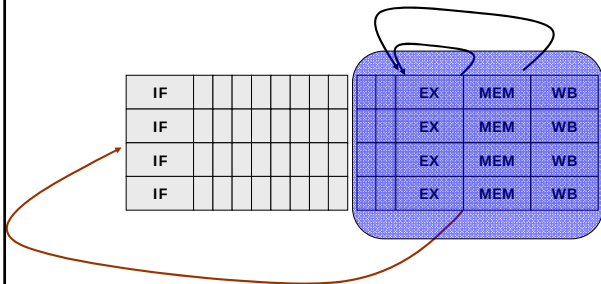
スーパースカル・プロセッサ(パイプラインの長い, スーパーパイプライン), パイプラインと制約ループ



Adapted from Computer Organization and Design, Patterson & Hennessy, © 2005.

4

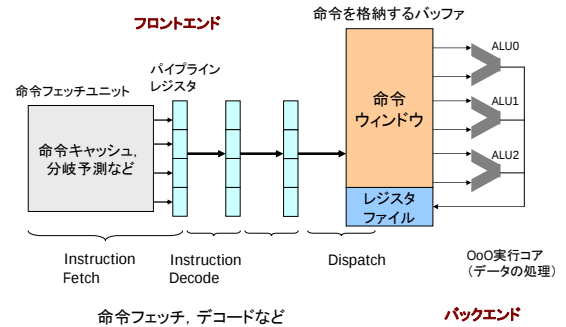
アウトオブオーダー実行のスーパースカル・プロセッサ



Adapted from Computer Organization and Design, Patterson & Hennessy, © 2005.

5

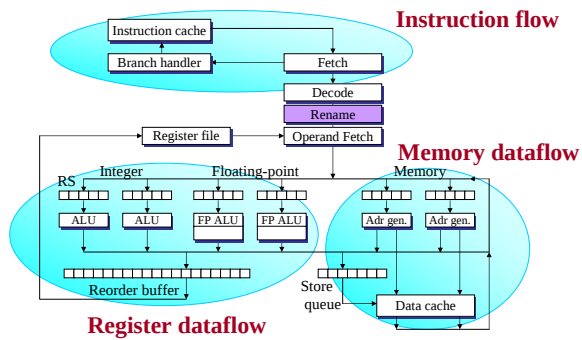
アウトオブオーダー実行プロセッサの概要



Adapted from Computer Organization and Design, Patterson & Hennessy, © 2005.

6

Out-of-orderスーパースカラ・プロセッサ



Adapted from Computer Organization and Design, Patterson & Hennessy, © 2005

計算機アーキテクチャ特論 (Advanced Computer Architectures)

TSUBAME

8

Tokyo Institute of Technology / 東京工業大学
Global Scientific Information and Computing Center / 学術国際情報センター GSIC

2006年11月14日発表

TSUBAMEが47.38TFLOPSを達成し Top500プロジェクト9位にランクイン

速報 IEEE SUPERCOMPUTING 2006, TAMPA

米国タンパ市で開催されているIEEE Supercomputingにおいて第29回の Top500® (<http://www.top500.org/>) リストがアナウンスされ、東工大のスーパーコンピュータTSUBAMEは、産学共同の研究開発の結果、前回の 38.18TeraFlops(1TeraFlops = 1秒間に1兆回の浮動小数点演算)から、47.38TeraFlopsと、9.2TeraFlopsの性能向上を果たし、前回に引き続きアジアで1位、全体では9位トップ10にランクインしました。

今回の性能向上はClearSpeed®のアクセラレータ(内蔵型の演算加速装置)を有効活用するアルゴリズム、およびそれを実現したプログラムを開発したことにあります。

今後とも東京工業大学では、TSUBAMEを「みんなのスパコン」として広くその性能を提供するとともに、国際競争世界に互するスーパーコンピュータの研究開発及びインフラ整備を続けていく予定です。

Adapted from Superscalar Microprocessor Design, Mike Johnson

9

TOP 10 Sites for November 2006

Rank	Site	Computer
1	DOE/NV&AS/LNL, United States	BlueGene/L - eServer Blue Gene Solution IBM
2	NSA/Sandia National Laboratories, United States	Red Storm - Sandia/Cray Red Storm, Opteron 2.4 GHz dual core Cray Inc.
3	IBM Thomas J. Watson Research Center, United States	Blue - eServer Blue Gene Solution IBM
4	DOE/NV&AS/LNL, United States	ASC Purple - eServer pSeries p5 575 1.9 GHz IBM
5	Barcelona Supercomputing Center, Spain	Marathon - BladeCenter JS24 Cluster, P6 370 3.0 GHz, Microsoft Bull SA
6	NSA/Sandia National Laboratories, United States	Thunderbird - PowerEdge 1850, 3.6 GHz, InfoBand Dell
7	Commissariat à l'Energie Atomique (CEA), France	Tera-10 - NovaScale 5160, Itanium2 1.6 GHz, Quadraid Bull SA
8	NASA/Ames Research Center/DAS, United States	Columbia - SGI Altix 1.5 GHz, Vulture SGI
9	GSIC Center, Tokyo Institute of Technology, Japan	TSUBAME Grid Cluster - Sun Fire x4600 Cluster, Opteron 2.4 GHz and ClearSpeed Accelerator, InfoBand NEC/Sun
10	Oak Ridge National Laboratory, United States	Jaguar - Cray XT3, 2.6 GHz dual Core Cray Inc.

Adapted from Superscalar Microprocessor Design, Mike Johnson

10

TokyoTech TSUBAME



Adapted from Superscalar Microprocessor Design, Mike Johnson

11

TokyoTech TSUBAME



Adapted from Superscalar Microprocessor Design, Mike Johnson

12

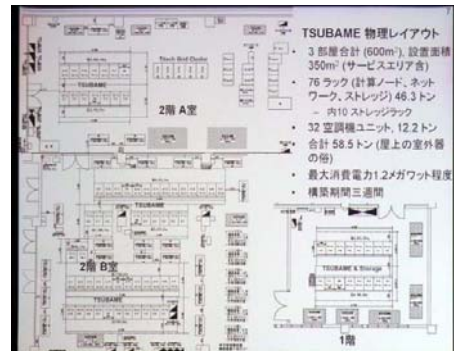
TokyoTech TSUBAME



Adapted from Superscalar Microprocessor Design, Mike Johnson

13

TSUBAME 物理レイアウト



Adapted from Superscalar Microprocessor Design, Mike Johnson

14

TokyoTech TSUBAME



2006年7月

TokyoTech TSUBAME



2008年12月

TokyoTech TSUBAME

2008年11月19日(水)

東京工科大学が世界初の大規模GPGPUコンピューティング基盤を大規模スーパーコンピュータ基盤TSUBAME上に実現

ポイント

- 国立大学法人東京工科大学(学長 伊賀健一)(以下「東工大」)学園国際情報センター(センター長 渡辺 治)は平成18年3月にスーパーコンピュータTSUBAMEを構築・導入し、2年連続で我が国一位となるなど、その性能向上の研究開発に努めてきた。当初Top500の性能は38.18TFLOPS(当初38.18倍速計算)であったが、半年の更新により性能向上を果たしてきた。これは世界に類を見ない成果である。また、「一人一人」上のユーザー、しかも大学等との学術研究だけでなく企業利用においても我が国でいち早く開拓した実績を持つ。
- 今回、高いメモリバンド幅を要求する流体計算などのアプリケーションを有効にサポートするために、GPUベンダーであるNVIDIA社をはじめ、NEC、サンマイクログシステムズ社などと共同し、「高速フーリエ変換計算」を最適化として、世界で初めてNVIDIAのTesla GPGPU(汎用GPU計算)アクセラレータの大規模導入(680枚)を実現し、TSUBAME上に実現した。
- また、NVIDIA社、NEC、その他大学と共同し、科学技術計算におけるGPUの世界的なリーディングサイトとして、多くの研究活動や普及活動を行っている。例えば、流体計算や、タンパク質の計算などにおいて、新たなGPU向けのアルゴリズムの開発により従来の数十倍の速度向上を達成している。また、従来のTSUBAMEと連携し、その異なるGPU-GPUで動作するLinpackプログラムを開発して、77.48TFLOPSと、当初の2倍の大幅な性能向上を果した。
- また、東工大は新研究生を対象とするスーパーコンピューティングコンテスト「SuperCon」を過去十数年に渡り主催してきたが、それらの経緯を生かし、情報処理学会のGPUプログラミングコンテストの開催に協力し、TSUBAME上で審査を行う。

TOP 10 Sites for November 2008

Rank	Site	Computer/Year	Vendor	Cores	R _{max}	R _{peak}	Power
1	DOE/NNSA/LBNL, United States	Roadrunner - BladeCenter Q520L521 Cluster, PowerPC G5 2.3 GHz/Opteron DC 1.8 GHz, VMware Infrastructure 1/2008	IBM	129600	1105.00	1456.70	2483.47
2	Oak Ridge National Laboratory, United States	Jaguar - Cray XT5 GC 2.3 GHz/2008	Cray Inc.	150152	1058.00	1381.40	6950.60
3	NASA Ames Research Center/JPL, United States	Peradise - SQ Altix ICE 8200EX, Xeon GC 3.0 GHz/2008	SQI	51200	487.01	608.83	2090.00
4	DOE/NNSA/LBNL, United States	BlueGene/L - eServer Blue Gene Solution / IBM	IBM	212992	478.20	596.38	2320.60
5	Argonne National Laboratory, United States	Blue Gene/P Solution / 2007	IBM	163840	450.30	557.06	1260.00
6	Texas Advanced Computing Center/Univ. of Texas, United States	Ranger - SunBlade x425, Opteron GC 2.3 GHz, Infiniband / 2008	Sun Microsystems	62976	433.20	579.38	2000.00
7	NERSC/LBNL, United States	Frontier - Cray XT4 QuadCore 2.3 GHz/2008	Cray Inc.	38642	265.30	355.51	1150.00
8	Oak Ridge National Laboratory, United States	Jaguar - Cray XT4 QuadCore 2.3 GHz/2008	Cray Inc.	30876	205.00	260.20	1580.71
9	NERSC/LBNL, United States	Red Storm - SunBlade x425, Opteron GC 2.3 GHz, Infiniband / 2008	Sun Microsystems	38208	204.20	284.00	2500.00
10	Shanghai Supercomputer Center, China	Dawning 5000A, GC Opteron 1.8 GHz, Infiniband, Windows HPC 2008 / 2008	Dawning	30720	180.00	233.47	

Adapted from Superscalar Microprocessor Design, Mike Johnson

18

TOP 10 Sites for November 2008

27	Information Technology Center, The University of Tokyo Japan	T2K Open Supercomputer (Total Combined Cluster) - Hitachi Cluster Opteron GC 2.3 GHz, Myrinet 10G / 2008 Hitachi	12200	82.98	113.05	638.60
29	GSIC Center, Tokyo Institute of Technology Japan	TSUBAME Grid Cluster with CompView TSUBASA - Sun Fire x4600/x5250, Opteron 2.4/2.5 GHz, Xeon E5440 2.833 GHz, CineSpeed CS30000, nvidia GT200, Voltaire Infiniband / 2008 NEC/Sun	30976	77.48	161.82	
32	Center for Computational Sciences, University of Tsukuba Japan	T2K Open Supercomputer - Appro Xtreme- A3 Server - Quad Opteron Quad Core 2.3 GHz, Infiniband / 2008 Appro International	10000	76.46	92.00	671.80
73	The Earth Simulator Center Japan	Earth-Simulator / 2002 NEC	5120	35.86	40.96	3200.00

Adapted from Superscalar Microprocessor Design, Mike Johnson

19

アナウンス

- 講義スライド, 講義スケジュール
- www.arch.cs.titech.ac.jp

Adapted from Computer Organization and Design, Patterson & Hennessy, © 2005

20